Iranian Journal of Field Crops Research
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

Research Article
Vol. 22, No. 2, Summer 2024, p. 227-242

Evaluation of Yield, Yield Components, and Forage Quality in the Intercropping of Kochia (*Kochia scoparia* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata*)

E. Mish Mast[1], M. Dahmardeh[2*], M. Galavi[3], I. Khammari[2]

1- M.Sc. Graduated Student of Agroecology, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Zabol University, Iran
2- Associate Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Zabol University, Iran
3- Professor, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Zabol University, Iran
(*- Corresponding Author Email: dr.dahmardeh@uoz.ac.ir)

Received: 30 December 2023 Revised: 13 March 2024 Accepted: 18 March 2024 Available Online: 15 May 2024	**How to cite this article:** Mish Mast, E., Dahmardeh, M., Galavi, M., & Khammari, I. (2024). Evaluation of Yield, Yield Components, and Forage Quality in the Intercropping of Kochia (*Kochia scoparia* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata*). *Iranian Journal of Field Crops Research, 22*(2), 227-242. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.86148.1292

Introduction

The agricultural systems are facing numerous challenges in maintaining and providing food security. Achieving this goal, considering the growing global population is possible through the application of sustainable agricultural principles to increase crop yield and reduce environmental costs. The widespread use of chemical inputs, particularly nitrogen fertilizers, by farmers globally to enhance yields has resulted in numerous environmental hazards, including soil and groundwater pollution. Intercropping systems emerge as a viable strategy to augment yield, curtail reliance on chemical fertilizers, and safeguard the environment. Enhancing the yield and quality of forage has become a paramount concern in the agricultural sector in recent times. Various approaches exist to achieve this objective, among which intercropping cereals and legumes stands out as a promising solution. One of the most sustainable farming methods in saline and arid lands is drying livestock products using salt-tolerant plants, which can also be beneficial for farmers.

Materials and Methods

This experiment was conducted at the Agricultural Research Institute of Zabol University using a randomized complete block design with three replications. The experimental treatments include different patterns of intercropping kochia and cowpea, namely: 100% Kochia (K100), 50% kochia: 50% cowpea (K50:C50), 75% kochia: 25% cowpea (K75:C25), 25% kochia: 75% cowpea (K25:C75), 100% kochia: 50% cowpea (K100:C50), 50% kochia: 100% cowpea (K50:C100), 100% kochia:100% cowpea (K100:C100), and 100% cowpea (C100). Dry forage yield, yield components, percentage of crude protein (CP), ash, acid detergent fiber (ADF), and dry matter digestibility (DMD) were measured in Kochia plants. Additionally, in cowpea, economic and biological yield, the number of pods per plant, and the 1000-grain weight were measured. To assess the profitability of intercropping, the land equivalent ratio (LER) was utilized.

Results and Discussion

According to the obtained results, the planting pattern had a significant effect on the yield of kochia and cowpea, as well as the morphological characteristics of cowpea, including height, lateral branch, stem weight, and leaf weight. Additionally, the planting pattern had a significant effect on the quality parameters of forage, including the percentage of protein, ash, ADF, and DMD of Kochia. The highest yield was obtained for kochia (22,788 kg.ha^{-1}) in the cropping pattern of K100:C100, and for cowpea (3590.3 kg.ha^{-1}) in pure cowpea. The

https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.86148.1292

highest percentages of protein (19.90) and ash (14.83) were achieved in the additive intercropping pattern of K100:C100. It also achieved the highest and lowest percentage of DMD (41%) and, ADF (41.30%), respectively, in the pattern of K100:C50. The research results indicated that the highest LER (1.80) was achieved from the treatment of K50:C50.

Conclusion

The yield and quality of forage in dry areas have significant importance, considering the prevailing climatic conditions. Therefore, intercropping is considered a practical solution to achieve the mentioned goals. or Despite the numerous benefits of intercropping, the selection of compatible forage and companion plants that are suitable for specific regional conditions, combined with the design of an appropriate cropping pattern, can greatly enhance the yield and efficiency of this cultivation system. According to the results, intercropping demonstrates higher forage quality compared to the sole crop of Kochia**.** High-quality forage has higher percentages of CP, ash, and DMD while having lower levels of ADF. Based on these findings, the additive patterns K100:C100 and K100:C50 are recommended. The research results indicate an increase in the quantitative and qualitative characteristics of both kochia and cowpea in intercropping. The LER in all replacement patterns was greater than one, indicating an increase in land efficiency compared to the sole crop. As a result, the natural potential of Kochia, a salt-tolerant plant, can be used as a suitable strategy for using saline soil and water resources and feeding livestock in the Zabol region.

Keywords: Ash, Crude protein, Dry mater digestibility, Land equivalent ratio

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
Homepage: https://jcesc.um.ac.ir

مقاله پژوهشی

جلد ۲۲، شماره ۲، تابستان ۱٤۰۳، ص ۲٤۲-۲۲۷

بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط کوشیا (*Kochia scoparia* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*)

اسماعیل میش مست[1]، مهدی دهمرده[2*]، محمد گلوی[3]، عیسی خمری[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۰/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۸

چکیده

کاهش کمی و کیفی منابع آب همراه با شوری خاک یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های مناطق خشک است و تولید گیاهان شورزیست تحت این شرایط جهت تغذیه دام از پایدارترین روش‌های حفاظت از این مناطق محسوب می‌شود. به‌منظور ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط کوشیا و لوبیا چشم‌بلبلی آزمایشی به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آموزشی–پژوهشی دانشگاه زابل اجرا شد. الگوهای جایگزینی و افزایشی کشت مخلوط (۱۰۰ درصد کوشیا (K100)، ۵۰ درصد کوشیا:۵۰ درصد لوبیا (K50:C50)، ۲۵ درصد کوشیا: ۷۵ درصد لوبیا (K25:C75)، ۷۵ درصد کوشیا: ۲۵ درصد لوبیا (K75: C25)، ۱۰۰ درصد کوشیا: ۱۰۰ درصد لوبیا (K100: C100)، ۵۰ درصد کوشیا: ۱۰۰ درصد لوبیا (K50: C100)، ۱۰۰ درصد کوشیا:۵۰ درصد لوبیا (K100:C50)، ۱۰۰ درصد لوبیا (100C)) تیمارهای این آزمایش بودند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد کوشیا (۲۲۷۸۸ $kg.ha^{-1}$) مربوط به تیمار 100C:100K و بیشترین عملکرد اقتصادی لوبیا چشم‌بلبلی (۳۵۹۰/۳ $kg.ha^{-1}$) مربوط به تک‌کشتی لوبیا بود. برای کوشیا بیشترین درصد پروتئین خام (۱۹/۹۰ درصد) و خاکستر (۱۴/۸۳ درصد) از تیمار K100:C100 به‌دست آمد. در رابطه با خصوصیات مورفولوژیکی لوبیا چشم‌بلبلی بیشترین میزان عملکرد و اجزای عملکرد مربوط به تک‌کشتی لوبیا بود. بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۸۰) از تیمار K50: C50 به‌دست آمد. افزایش عملکرد، پروتئین خام و قابلیت هضم ماده خشک علوفه کوشیا حاکی از برتری الگوهای افزایشی کشت مخلوط در مقایسه با الگوهای جایگزینی و تک‌کشتی کوشیا بود. از این رو می‌توان گفت که کیفیت علوفه کوشیا در کشت مخلوط با لوبیا چشم‌بلبلی بهبود یافته است.

واژه‌های کلیدی: پروتئین خام، خاکستر، قابلیت هضم ماده خشک، نسبت برابری زمین

مقدمه

امروزه سیستم‌های کشاورزی برای حفظ و تامین امنیت غذایی با چالش‌های متعددی مواجه هستند که با توجه به رشد روزافزون جمعیت جهان دستیابی به این هدف با کاربرد اصول کشاورزی پایدار از طریق افزایش عملکرد محصول و کاهش هزینه‌های زیست‌محیطی امکان‌پذیر است (Mortada, Abou Najm, Yassine, El Fadel, & Alamiddine, 2018). استفاده بی‌رویه از نهاده‌های شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژن توسط کشاورزان در سراسر جهان جهت افزایش عملکرد منجر به خطرات زیست‌محیطی متعدد از جمله آلودگی منابع خاک و آب‌های زیرزمینی شده است. از این‌رو لزوم استفاده از سایر شیوه‌های کشاورزی که ضمن افزایش خدمات زیست‌محیطی و افزایش بهره‌وری، استراتژی‌های سازگار جهت مبارزه با اثرات منفی تغییرات اقلیم را نیز داشته باشند، بیش از پیش احساس می‌شود. در همین راستا سیستم‌های کشت مخلوط را می‌توان به‌عنوان یکی از استراتژی‌های سازگار در جهت افزایش عملکرد، کاهش استفاده از کودهای شیمیایی و حفاظت از محیط‌زیست نام برد (BenYoussef *et al.*, 2019). از جمله مزایای عمده کشت مخلوط می‌توان به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و کاهش آبشویی مواد مغذی و در نتیجه کاهش انرژی و کودهای شیمیایی لازم، کاهش آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، بهبود رشد و بازدهی محصولات، استفاده

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران
۲- دانشیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران
۳- استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: dr.dahmardeh@uoz.ac.ir)

https://doi.org/10.22067/jcesc.2024.86148.1292

بهینه از منابع آب و تشعشع خورشیدی و افزایش کیفیت محصولات اشاره کرد (Tosti, Benincasa, Farneselli, Tei, & Guiducci, 2014; Tribouillois, Cruz, Cohan, & Justes, 2015; Klimek-Kopyra, Skowera, Zając, & Kulig, 2017). جهت دستیابی به این مزایا، انتخاب گیاهان مناسب که فنولوژی و خصوصیات مرفولوژیک متفاوت داشته باشند به نحوی که کمترین رقابت بین گونه‌ای را در یک آشیانه اکولوژیک ثابت از نظر استفاده از منابع محیطی و زمان ایجاد کند، می‌تواند با استفاده بهینه از منابع محیطی عملکرد کل را در واحد سطح افزایش داده و تسهیل‌کننده شرایط رشد گیاهان در مجاور یکدیگر باشد (Abusuwar & Al-Solimani, 2013). بهبود عملکرد و کیفیت علوفه در چند سال اخیر به‌عنوان یکی از اولویت‌های بخش کشاورزی مطرح است. جهت دستیابی به این هدف راهکارهای متعددی وجود دارد که از جمله می‌توان به کشت مخلوط غلات و بقولات اشاره کرد (Belel, Halim, Rafii, & Saud, 2014).

در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران، به‌خصوص در نواحی مرکزی و شرقی عمده‌ترین محدودیت کشاورزان، کمبود باران و منابع آب شیرین است. از این‌رو کشاورزان ناچار به استفاده از آب‌های نامتعارف و شور جهت دستیابی به تولید اقتصادی هستند، از طرفی کاربرد این منابع موجب تشدید شوری خاک شده و چالش‌های جدی برای تولید محصولات زراعی و دامی ایجاد خواهند کرد. در همین راستا کاشت گیاهان مقاوم به شوری جهت بهره‌برداری از منابع آب‌های شور ضروری می‌باشد (Guerrero-Rodriguez , 2006; Jami Al Ahmadi & Kafi, 2008; Kafi, Asadi & Ganjeali, 2010). تولید گیاهان شورزیست با استفاده از منابع آب و خاک شور برای تغذیه دام‌ها یکی از پایدارترین روش‌های حفاظت از زیست‌بوم‌های مناطق خشک جهت تولید غذا برای ساکنین این مناطق است. این گیاهان برای چرای دام و یا به‌عنوان بخشی از جیره دام نقش خوراک مکمل را در تغذیه دام داشته و به دلیل سازگاری با شرایط این زیست‌بوم‌ها می‌توانند سهم ویژه‌ای در تأمین خوراک دام‌ها داشته باشند (Kafi, Asadi & Ganjeali, 2010; Tawfik *et al*., 2013; Moosavifar, Khazaei & Kafi, 2019). کوشیا (*Kochia scoparia* L.) گونه‌ای از همین شورزیست‌ها، علفی و از خانواده کنوپودیاسه[1] است که از تنوع ژنتیکی بالایی برخوردار می‌باشد. رشد سریع، دامنه گسترش وسیع و مقاومت به خشکی این گیاه نشان‌دهنده پتانسیل بالای تولید علوفه به‌ویژه در مناطق خشک می‌باشد (Jami Al-Ahmadia & Kafi, 2008; Friesen, Beckie, Warwick, & Van Acker, 2009; Gul, Ansari, Aziz, & Khan, 2010). برای این گیاه عملکرد ۸–۲ تن ماده خشک در هکتار گزارش شده است. کوشیا از کیفیت علوفه مناسبی برخوردار است و در مطالعات انجام‌شده کیفیت علوفه کوشیا از لحاظ ترکیبات شیمیایی، میزان پروتئین خام و قابلیت هضم قابل‌مقایسه با یونجه گزارش شده است (Sherrod, 1971 & 1973; Riasi, Mesgaran, Stern, & Moreno, 2008; Kafi, Asadi & Ganeali, 2010; Valizdeh, Mahmoudi-Abyane & Ganjavi, 2016).

هدف از کشت مخلوط به‌ویژه مخلوط گیاهان علوفه‌ای، افزایش عملکرد در واحد سطح و کیفیت محصول می‌باشد. پتانسیل طبیعی گیاه متحمل به شوری کوشیا در کنار بقولات در کشت مخلوط می‌تواند به‌عنوان استراتژی مناسب در کاهش بحران شوری در حال افزایش مورد استفاده قرار گیرد (Ghafarian, Yadavi, Dabbagh Mohammadi Nasab, Salehi, & Movahedi Dehnavi, 2021). کردالی (Kurdali, 2010) بیان نمود که کشت مخلوط گیاه شورزی و علوفه‌ای آتریپلکس (*Atriplex Spp*) و یونجه درختی (*Cytisus proliferus*)، یک سیستم کشاورزی شورزیست ایجاد کرد که ضمن استفاده از خاک‌های شور دارای مزایایی همچون افزایش عملکرد علوفه و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن بود. در کشت مخلوط کوشیا (*Kochia scoparia*)، سسبانیا (*Sesbania aculeate*) و گوار (*Cyamopsis tetragonoloba*) اختلاف در ارتفاع و فرم بوته سه گونه با افزایش جذب تشعشع خورشیدی و فتوسنتز موجب افزایش عملکرد علوفه در کشت مخلوط گردید. بررسی رفتار رقابتی گونه‌ها نیز نشان داد که کوشیا در کشت مخلوط با گوار و همچنین ترکیب سه گونه قدرت رقابت بیشتری داشت. در نتیجه اظهار داشتند که کشت مخلوط این سه گونه در مناطقی با آب شور علاوه بر ایجاد تنوع در اکوسیستم و ایجاد پایداری تولید موجب افزایش درآمد اقتصادی کشاورزان می‌گردد (Ghafarian *et al*., 2021).

تامین علوفه با کیفیت برای دام‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ضروری بوده و تاکنون مطالعه‌ای برای بررسی عملکرد علوفه کوشیا در کشت مخلوط انجام نگردیده است. این مطالعه جهت ارزیابی سودمندی کشت مخلوط و تاثیر آن بر عملکرد و کیفیت علوفه کوشیا در شرایط آب و هوایی زابل انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پژوهشکده کشاورزی دانشگاه زابل (چاه نیمه) به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل الگوهای مختلف کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی کوشیا و لوبیا چشم‌بلبلی (۱۰۰ درصد کوشیا (K100)، ۵۰ درصد کوشیا:۵۰ درصد لوبیا (K50:C50)، ۲۵ درصد کوشیا: ۷۵ درصد لوبیا (K25: C75)، ۷۵ درصد کوشیا: ۲۵ درصد لوبیا (K75: C25)، ۱۰۰ درصد کوشیا: ۱۰۰ درصد لوبیا (K100: C100)، ۵۰ درصد کوشیا: ۱۰۰ درصد لوبیا (K50: C100)، ۱۰۰ درصد کوشیا:۵۰ درصد لوبیا (K100:C50)، ۱۰۰ درصد لوبیا (100C)) در سه تکرار

1- Chenopodiaceae

بودند. بر اساس آمار ایستگاه هواشناسی زابل میانگین دراز مدت ۳۰ ساله بارندگی ۶۳ میلی‌متر، میانگین دمای منطقه ۲۳ درجه سانتی‌گراد و میزان تبخیر سالیانه به‌طور متوسط ۵۰۰۰-۴۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد.

در این تحقیق از روش کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی استفاده شد و به‌صورت افزایش و یا کاهش تراکم بر روی ردیف‌های کاشت بود. به این شکل که با افزایش نسبت کاشت هر گونه فاصله بین بوته‌ها روی ردیف بر مبنای فاصله تعیین‌شده در تک‌کشتی هر گیاه کاهش یافت. تراکم بوته در تک‌کشتی کوشیا و لوبیا چشم‌بلبلی ۲۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد (Jami Al-Ahmadi, 2005; Jamshidi, Mazaheri, Hosseini, Mashhadi, & Peyghambari, 2011). نمونه‌برداری از خاک محل آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری انجام شد و نتایج نشان داد که خاک محل آزمایش دارای بافت لوم- شنی و pH برابر با ۷/۷ است. اطلاعات مربوط به ویژگی‌های خاک و آب محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of the experiment soil

بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	اسیدیته خاک pH	فسفر قابل‌دسترس Available P (mg.kg^{-1})	پتاسیم قابل‌دسترس Available K (mg.kg^{-1})	نیتروژن کل Total nitrogen (٪)	کربن آلی OC (٪)
لوم- شنی (Sandy loam)	1.8	7.70	11.30	241	0.06	0.70

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی آب

Table 3- Chemical properties of water

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m^{-1})	جامدات محلول در آب TDS (meq.lit^{-1})	نسبت سدیم محلول SSP (%)	نسبت جذب سدیم SAR	سختی کل Water hardness (meq.lit^{-1})	سولفات Sulphate (meq.lit^{-1})
8	3760	8334	108.16	27.68	2755	28.25

جهت انجام عملیات آماده‌سازی، ابتدا زمین با گاوآهن برگردان‌دار شخم و سپس دیسک زده شد. بستر کاشت به‌صورت جوی و پشته آماده و فاصله بین ردیف‌های کشت ۵۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. به‌طوری‌که با افزایش تراکم فاصله بین بوته‌ها کمتر گردید که بر اساس افزایش در ردیف در هر تیمار این فاصله متغیر بود. اندازه‌ی کرت‌ها ۳×۲ و فاصله بین کرت‌ها ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. ارقام مورداستفاده در این پژوهش شامل لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*) رقم محلی ماک که از توده محلی منطقه و کوشیا گونه اسکوپاریا که از مرکز تحقیقات کشاورزی زهک تهیه شد. بذرهای دو گیاه در اوایل فروردین ماه کشت شدند. بر اساس نتایج آزمون خاک ۱۴۰ کیلوگرم کود از منبع اوره به‌صورت سرک در سه مرحله به‌ترتیب همزمان با کاشت، یک‌سوم در مرحله رویشی و یک‌سوم قبل از گلدهی و ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت و همراه با شخم به خاک اضافه شد. آبیاری (به‌صورت غرقابی) اول بلافاصله پس از کاشت انجام شد و فاصله آبیاری‌های بعدی بر اساس نیاز گیاه تنظیم شد. در طول فصل رشد علف‌های هرز در چند نوبت به‌صورت دستی وجین گردید.

با زرد شدن اولین برگ‌ها در بوته لوبیا چشم‌بلبلی و با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای پنج بوته از هر کرت را به‌طور تصادفی انتخاب و تعداد نیام در بوته و تعداد دانه در نیام را شمارش و میانگین هر کرت به‌عنوان نتیجه نهایی گزارش شد. در اوایل آبان ماه با زرد شدن اولین برگ‌ها در بوته و با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای یک مترمربع از هر کرت برداشت شد سپس مساحت برداشت‌شده و بذرهای هر کرت توزین و به هکتار تعمیم داده شد.

پس از رسیدن کوشیا به ارتفاع نهایی و مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، قبل از برداشت نهایی با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای پنج بوته از هر کرت را به‌طور تصادفی انتخاب کرده و ارتفاع ساقه اصلی، تعداد شاخه‌های جانبی، وزن خشک ساقه و وزن خشک برگ در بوته اندازه‌گیری شد. برداشت علوفه کوشیا در اواخر تیرماه در مرحله گرده‌افشانی که گیاه دارای نسبت مناسبی از برگ و ساقه است و هنوز ساقه خشبی نشده بود (ابتدای مرحله گلدهی) انجام شد. همچنین برای اندازه‌گیری عملکرد علوفه خشک یک مترمربع از هر کرت برداشت شد و پس از خشک شدن مساحت برداشت‌شده توزین و به هکتار تعمیم داده شد. در نمونه‌های برداشت‌شده برای کوشیا درصد پروتئین خام[1] و خاکستر[2]، الیاف نامحلول در شوینده اسیدی[3] و قابلیت هضم ماده خشک[4] نیز اندازه‌گیری و محاسبه شد. میزان خاکستر با سوزاندن نمونه‌ها در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت در کوره و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی با استفاده از دستگاه

1- Crude Protein
2- Ash
3- Acid Detergent Fiber
4- Dry Mater Digestibility

فایبربگ (Gerhardt مدل EV1 ساخت کشور آلمان) و محلول شوینده اسیدی منطبق با روش ون‌سوست (Van Soest, 1994) اندازه‌گیری شد.

درصد پروتئین خام و قابلیت هضم ماده خشک با استفاده از روابط (۱) و (۲) محاسبه شد.

$$CP(\%)= 6.25 \times \%N \quad (۱)$$

میزان نیتروژن نمونه‌ها با روش کجلدال تعیین و میزان پروتئین خام با ضرب میزان نیتروژن در عدد ۶/۲۵ محاسبه شد (Lithorgidis *et al.*, 2006).

درصد هضم‌پذیری ماده خشک بر مبنای درصد ADF و درصد N با استفاده از رابطه (۲) محاسبه شد (Oddy, Robards & Low, 1983).

$$DMD\%=83.58-0.824\ ADF\ \%+ 2.262\%N \quad (۲)$$

نسبت برابری زمین[1] برای تیمارهای مخلوط بر اساس رابطه (۳) محاسبه شد (Banik, Midya, Sarkar, & Ghose, 2006).

$$LER= (Yij/Yii) + (Yji/Yjj) \quad (۳)$$

که در این رابطه Yii و Yjj به‌ترتیب عملکرد علوفه خشک کوشیا و عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی در کشت خالص، Yij و Yji به‌ترتیب عملکرد علوفه خشک کوشیا و عملکرد دانه لوبیا چشم‌بلبلی در کشت مخلوط است. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. جهت مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد کوشیا

ارتفاع

بر اساس نتایج، اثر الگوهای مختلف کشت بر ارتفاع کوشیا معنی‌دار بود (P≤ ۰/۰۱) (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته کوشیا در الگوی کشت K100:C100 (۱۰۰/۱۱ cm) مشاهده شد و متعاقبا کمترین ارتفاع بوته در کشت خالص کوشیا (۷۸/۳۳ cm) به‌دست آمد (جدول ۳). برتری ۲۷ درصدی ارتفاع گیاهان در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص به‌طور واضح بیانگر اثر مثبت کشت همزمان کوشیا و لوبیا در مقایسه با تک‌کشتی می‌باشد. کوشیا گیاهی است که بیشتر تمایل به رشد کپه‌ای و افزایش تعداد شاخه و برگ‌های جانبی دارد، اما با توجه به افزایش تراکم و محدودیت فضا در کشت مخلوط با لوبیا، به نظر می‌رسد که گیاه در جهت افزایش ارتفاع رشد کرده است به نحوی که می‌توان گفت در رقابت بین‌گونه‌ای گیاه غالب بوده است. با توجه به اهمیت علوفه در تغذیه دام‌ها، افزایش ارتفاع به‌عنوان یکی از اجزای عملکرد می‌تواند محققان را در جهت افزایش میزان علوفه تولیدی در گیاهان علوفه‌ای یاری رساند. ارتفاع بوته به‌عنوان یک شاخص مهم در گیاهان علوفه‌ای جهت افزایش میزان تولید و برداشت مکانیزه همواره مورد توجه بوده است (Soleymani, Kafi, Ziaei, & Shabahang, 2008; Kafi, Nabati, Khaninejad, Masomi, & Zare, 2011). توانایی جذب بیشتر آب، مواد غذایی و به‌ویژه نور در کشت مخلوط عامل اصلی تعیین‌کننده کارآیی رقابت است و در این میان ارتفاع یک صفت اصلی می‌باشد (Egbe, 2010). هدایتی‌فیروزآبادی و همکاران (Hedayati Firoozabadi, Kazemeini & Pirasteh Anooshe, 2017) گزارش کردند که در سامانه‌های کشت مخلوط، به‌ویژه در شوری متوسط و شدید، ارتفاع کوشیا از سورگوم (*Sorghum bicolor*) بیشتر بود که به دلیل سرعت رشد بالا و تحمل بیشتر کوشیا به شوری بود.

تعداد شاخه‌های جانبی

همان‌طور که در جدول ۲ نشان داده شده است اثر الگوهای کشت بر تعداد شاخه‌های جانبی کوشیا معنی‌دار بود (P≤ ۰/۰۱) (جدول ۲). بیشترین تعداد شاخه جانبی در مترمربع (۱۵۴۵/۱) مربوط به الگوی جایگزینی K25:C75 بود که منجر به افزایش ۵۱ درصدی نسبت به تک‌کشتی کوشیا شد (جدول ۳). افزایش تعداد شاخه‌های جانبی یک صفت بسیار مطلوب در گیاهان علوفه‌ای است. مقایسه الگوهای افزایشی و جایگزینی کشت مخلوط نشان داد که در الگوهای افزایشی تعداد شاخه جانبی کمتری نسبت به الگوهای جایگزینی وجود دارد. به‌نظر می‌رسد تراکم کمتر کوشیا در الگوهای جایگزینی شرایط مناسب جهت رشد عرضی و تولید شاخه‌های جانبی بیشتر در گیاه کوشیا را فراهم نموده است که به‌عنوان کاهش رقابت درون‌گونه‌ای در کشت مخلوط از اهمیت زیادی برخوردار است. افزایش تعداد شاخه جانبی در کوشیا می‌تواند به‌عنوان صفتی جهت افزایش درصد برگ و افزایش خوش‌خوراکی این علوفه مطرح باشد، زیرا این شاخه‌ها نسبت به ساقه اصلی در استحکام و نگهداری گیاه نقش کمتری داشته و از بافت‌های خشبی کمتری نیز برخوردارند. این گیاه قابلیت تولید تعداد زیادی شاخه جانبی روی ساقه اصلی را دارد به نحوی که تعداد زیاد این شاخه‌ها موجب ایجاد شکل مخروطی در ظاهر این گیاه می‌گردد (Nabati *et al.*, 2012; Masoumi, Kafi, Nabati, & Zare Mehrjerdi, 2016).

وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه

نتایج نشان داد که اثر الگوهای کشت بر وزن خشک برگ و وزن خشک ساقه کوشیا معنی‌دار بود (P≤ ۰/۰۱) (جدول ۲). بر همین اساس بیشترین وزن خشک برگ (۳۷۹۲/۴ گرم در مترمربع) و وزن خشک ساقه (۵۰۶۶/۷ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار K100:C100 بود (جدول ۳). همچنین کمترین مقدار این دو صفت

1- Land Equivalent Ratio

مربوط به تک‌کشتی کوشیا بود. بررسی صفات کیفی علوفه کوشیا بیانگر این موضوع است که بیشترین مقدار پروتئین و خاکستر علوفه کوشیا مربوط به همین تیمار است. از این‌رو می‌توان گفت با توجه به ساختار کانوپی و ریشه کوشیا، این گیاه در جذب منابع محیطی نسبت به لوبیا چشم‌بلبلی موفق‌تر عمل کرده است که در تیمارهای افزایشی مخلوط انتخاب تراکم بیشتر منجر به افزایش وزن خشک برگ و ساقه در مقایسه با الگوهای جایگزینی و کشت خالص شده است. افزایش وزن همبستگی مثبتی با مقدار نور دریافت شده دارد (Koochaki *et al*., 2010). با توجه به بلندتر بودن ارتفاع و حجم کانوپی کوشیا در مقایسه با لوبیا چنین به نظر می‌رسد که رشد بوته‌های کوشیا عمدتا تحت تاثیر رقابت درون‌گونه‌ای می‌باشد و در تیمار افزایشی، کوشیا در مقایسه با لوبیا چشم‌بلبلی از شرایط محیطی استفاده بهتری کرده و این عامل سبب افزایش وزن برگ و ساقه شده است. آینه‌بند و همکاران (Aynehband, Hosaini, & Farzaneh, 2020) در بررسی اثر نوع گیاهان علوفه‌ای و روش کشت بر کمیت و کیفیت علوفه در کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare*)+ شبدر (*Trifolium Pratenes*)+ شنبلیله (*Trigonella foenum*) گزارش کردند که بیشترین وزن خشک برگ و ساقه در روش کشت خطی و کمترین در روش کشت درهم به‌دست آمد چرا که در شرایط کشت درهم آرایش کانوپی مخلوط به گونه‌ای بوده که سایه‌اندازی گیاهان بر یکدیگر اثر منفی بر رشد و توسعه برگ‌ها داشته است. همچنین جو رقابت‌کننده قوی در مقایسه با سایر گیاهان علوفه‌ای بود و در روش کشت درهم به دلیل عدم وجود تراکم مناسب رقابت درون‌گونه‌ای تشدید و وزن خشک ساقه کاهش یافت.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد کوشیا در الگوهای مختلف کشت

Table 2- Variance analysis (mean square) of yield and yield components of Kochia in different cropping patterns

منابع تغییر S.O. V	درجه آزادی d.f	ارتفاع Height	تعداد شاخه‌های جانبی Lateral branches	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield
تکرار Replication	2	49	349817.09	277421.48	708866.38	29632459
الگوهای کشت Cropping patterns	6	157.52**	623343.36**	6414311.04**	3829124.83**	92902834.6**
خطا Error	12	5.63	30036.17	21381.04	62414.73	5829513.2
ضریب تغییرات C.V (%)	-	2.7	29.5	7.3	17.4	10.3

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, *, **: Non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد کوشیا در الگوهای مختلف کشت

Table 3- Mean comparisons of yield and yield components of Kochia in different cropping patterns

الگوهای کشت Cropping patterns	ارتفاع بوته Height (cm)	تعداد شاخه‌های جانبی در مترمربع Lateral branches per m^{-2}	وزن خشک ساقه Stem dry weight ($g.m^{-2}$)	وزن خشک برگ Leaf dry weight ($g.m^{-2}$)	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield ($kg.ha^{-1}$)
K100	78.33^{e}	255.1^{d}	884.4^{d}	592.5^{d}	13289^{c}
K50:C50	82.66^{d}	706.6^{b}	2132.2^{b}	1575.3^{bc}	14911b^{c}
K25:C75	91.66^{bc}	1545.1^{a}	1226.7^{c}	1161.4^{c}	11189^{d}
K75:C25	90.33^{bc}	626.4^{bc}	2265.5^{b}	1658.1^{b}	17716^{b}
K100:C100	100.11^{a}	331.6^{cd}	5066.7^{a}	3792.4^{a}	22788^{a}
K50:C100	88.33^{c}	344.9^{cd}	906.7^{d}	598.4^{d}	19066^{b}
K100:C50	94.66^{b}	306.1^{cd}	1453^{c}	695.2^{d}	21644^{a}

میانگین‌هایی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means, in each column, similar letters show that there is no significant difference according to Duncan's test at the level of 5% probability

عملکرد علوفه خشک

نتایج نشان داد که عملکرد علوفه خشک کوشیا تحت تاثیر الگوهای مختلف کشت معنی‌دار بود (P≤ ۰/۰۱) (جدول ۲). بیشترین مقدار عملکرد علوفه خشک کوشیا (۲۲۷۸۸کیلوگرم در هکتار) از الگوی کشت مخلوط K100:C100 به‌دست آمد که نسبت به تک‌کشتی کوشیا ۷۱ درصد افزایش نشان داد (جدول ۳). با توجه به این‌که افزایش عملکرد به‌عنوان یکی از خدمات اکوسیستم در کشت مخلوط مطرح است، به نظر می‌رسد گیاه کوشیا با رشد سریع و ارتفاع

بیشتر به نحو موثرتری از شدت تشعشع فتوسنتزی بالای موجود در منطقه استفاده کرده است که در نهایت منجر به تولید عملکرد بالاتر در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص شده است. همچنین کمترین مقدار عملکرد علوفه مربوط به الگوی K25:C75 بود که به دلیل کاهش تراکم کوشیا و افزایش رقابت بین‌گونه‌ای به نفع لوبیا چشم‌بلبلی می‌باشد. در تایید نتایج این تحقیق، شرفی (Sharafi, 2022) گزارش کرد که عملکرد علوفه خشک سورگوم (*Sorghum bicolor*) در الگوی کشت ۱۰۰:۱۰۰ سورگوم یونجه حلزونی (*Medicago scutellata* L.) در تمام تیمارهای نیاز آبی در قیاس با کشت خالص سورگوم افزایش داشته است. از این‌رو اظهار داشتند که یونجه حلزونی نقش مهمی در بهبود کیفیت علوفه داشته است. نتایج حاصل از کشت مخلوط کوشیا و ارزن پادزهری (*Panicum antidotale* Retz) نشان داد که کشت مخلوط گیاهان شورزی می‌تواند راهکاری برای افزایش عملکرد علوفه در شرایط تنش شوری باشد (Farajian, Kafi, & Nezami, 2013). پژوهشگران در کشت مخلوط کوشیا و سورگوم گزارش کردند که حساسیت گیاه کوشیا نسبت به رقابت بین‌گونه‌ای در سامانه‌های کشت مخلوط کمتر از سورگوم است و کشت مخلوط بدون کاهش معنی‌دار عملکرد علوفه، اثرات منفی تنش شوری را به‌طور قابل‌توجهی کاهش داده است (Hedayati Firoozabadi, Kazemeini & Pirasteh Anooshe, 2017). نتایج حاصل از بررسی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط لوبیا تپاری (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) و دو رقم ارزن باستان (cv. Bastan) و ارزن پیشاهنگ (cv. Pishahang) نشان داد که بالاترین میزان عملکرد کل علوفه خشک، از ترکیب کشت مخلوط ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری و ارزن باستان، به‌ترتیب با افزایش ۱۲/۵۹ و ۸۷/۵۷۸ درصد نسبت به تک‌کشتی لوبیا تپاری و ارزن حاصل شد که این نتیجه برتری کشت مخلوط این گیاهان را از لحاظ عملکرد کل علوفه خشک نسبت به تک‌کشتی نشان می‌دهد (Badakhshan, Amiri-Nejad, Tohidi-Nejad, & Parsamotlagh, 2021).

خصوصیات کیفی علوفه کوشیا

پروتئین خام علوفه

پروتئین یکی از عوامل اصلی کیفیت علوفه است که بر بهره‌وری دام تأثیر می‌گذارد (Tang, Yang, Chen, Ameen, & Xie, 2018; Iptas & Yavus, 2008). نتایج نشان داد که اثر الگوی کشت بر درصد پروتئین خام علوفه کوشیا معنی‌دار بود (P≤ ۰/۰۱) (جدول ۴). بیشترین پروتئین خام علوفه مربوط به الگوی کشت K100:C100 (۱۹/۹ درصد) بود که افزایش ۴۸ درصدی نسبت به تک‌کشتی کوشیا نشان داد (جدول ۵). نتایج نشان داد که الگوهای افزایشی کشت مخلوط پروتئین بالاتری نسبت به الگوهای جایگزینی داشتند. از آن‌جایی که درصد نیتروژن تاثیر مستقیمی بر میزان پروتئین خام علوفه کوشیا دارد، افزایش پروتئین در کشت مخلوط ممکن است ناشی از افزایش جذب نیتروژن، افزایش کارایی مصرف نیتروژن یا هر دو مورد به صورت توام باشد. این موضوع می‌تواند از این طریق قابل‌توجیه باشد که کوشیا و لوبیا چشم‌بلبلی در شرایط مخلوط، در مکان و یا در زمان یکسان برای جذب نیتروژن رقابت نمی‌کنند، بنابراین ساختار ریشه و فنولوژی گونه‌های همراه منجر به ایجاد حالت مکمل در جذب نیتروژن شده است و این امر در نهایت موجب افزایش میزان پروتئین خام علوفه در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص شد. درصد پروتئین کوشیا با توجه به شرایط محیطی و ژنوتیپ بین ۷ تا ۲۴ درصد متغیر است (Kafi *et al*., 2011). عملکرد پروتئین خام تحت تأثیر زیست‌توده علوفه و محتوای پروتئین است بنابراین هر عاملی که این شاخص‌ها را افزایش دهد می‌تواند منجر به افزایش عملکرد پروتئین خام شود (Javanmard, Machiani, Lithourgidis, Morshedloo, & Ostadi, 2020; Lithourgidis, Vasilakoglou, Dhima, Dordas, & Yiakoulaki, 2006). محتوای پروتئین خام درگیاهان علوفه‌ای به میزان نیتروژن موجود وابسته است و با افزایش در دسترس بودن این عنصر افزایش می‌یابد. از این‌رو به نظر می‌رسد که عملکرد پروتئین خام در الگوهای کشت مخلوط به دلیل افزایش میزان دسترسی به نیتروژن و متعاقباً افزایش تثبیت نیتروژن توسط بقولات بالاتر است (Belel *et al*., 2014). در کشت مخلوط ذرت با سویا، شنبلیله و لوبیا چشم‌بلبلی درصد پروتئین خام ذرت در مراحل مختلف برداشت متغیر بود و بیشترین درصد پروتئین خام در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی (۱۴ درصد) به‌دست آمد. به نظر می‌رسد بالا بودن مقدار پروتئین خام در این تیمار مربوط به تثبیت نیتروژن بیشتر توسط لوبیا چشم‌بلبلی باشد (Nazari, Zaefrian, Farahmandfar, Zand, & Azimi Sooran, 2014).

در کشت مخلوط کوشیا و ارزن پادزهری بیشترین درصد پروتئین خام در چین دوم از نسبت کاشت ۵۰ درصد کوشیا و ۵۰ درصد ارزن پادزهری گزارش شد که نسبت به تک‌کشتی دو گیاه افزایش داشت. نتایج بیانگر این بود که اگرچه زمان و افزایش تعداد برداشت تاثیر کاهشی بر میزان پروتئین خام علوفه دارد، اما کشت مخلوط شدت تاثیر را کم کرده و موجب بهبود کیفیت علوفه می‌شود (Farajain, Kafi, & Nezami, 2013). نتایج مشابه توسط سایر پژوهشگران نشان داد که عملکرد پروتئین خام علوفه در الگوهای کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی افزایش یافت (Waldron, ZoBell, Olson, Jensen, & Snyder, 2006; Stoltz & Nadeau, 2014; Yilmaz, Özel, Atak, & Erayman, 2015).

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات کیفی علوفه کوشیا در الگوهای مختلف کشت

Table 4- Analysis of variance (mean square) of the quality characteristics of Kochia forage in different cropping patterns

منابع تغییرات S.O. V	درجه آزادی d.f	پروتئین خام Crude Protein	خاکستر Ash	قابلیت هضم ماده خشک DMD	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF
تکرار Replication	2	0.07	0.06	1.33	0.66
الگوهای کشت Cropping patterns	6	22.58**	3.25**	43.26**	20.88**
خطا Error	12	0.26	1.02	3.13	1.97
ضریب تغییرات C.V (%)	-	3.1	7.6	5.0	3.1

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, *, **: Non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین خصوصیات کیفی علوفه کوشیا در الگوهای مختلف کشت

Table 5- Mean comparisons of qualitative characteristics of forage Kochia in different cropping patterns

الگوهای کشت Cropping patterns	پروتئین خام Protein (%)	خاکستر Ash (%)	الیاف نامحلول در شوینده اسیدی ADF (%)	قابلیت هضم ماده خشک DMD (%)
K100	13.44e	11.96e	48.26a	31.33c
K50:C50	16.74c	13.33cd	45c	35b
K25:C75	14.82e	12.33de	47b	31.66bc
K75:C25	14.58d	12.50c-e	45.96c	34.66bc
K100:C100	19.90a	14.83a	42.16de	35.66a
K50:C100	18.94b	13.46bc	42.83d	39.33a
K100:C50	17.64c	14.20ab	41.30e	41a

میانگین‌هایی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means, in each column, similar letters show that there is no significant difference according to Duncan's test at the level of 5% probability

خاکستر

درصد خاکستر بیانگر مقدار مـواد معـدنی موجـود در بافـت‌های گیاهی است. هرچه درصد خاکسـتر بیشـتر باشـد گیـاه مـواد معـدنی بیشتری را در اختیار دام قرار می‌دهد بنابراین ارزش غذایی علوفه برای دام بیشتر مـی‌شـود (Lewis & Farlane, 1986; Kheradmand, Mahmodib & Ahmadi, 2014). نتایج نشان داد که اثر الگوهـای کاشت بر درصد خاکستر علوفه کوشیا معنی‌دار بود (P≤ ۰/۰۱) (جدول ۴). بر اساس نتایج بیشـترین و کمتـرین مقـدار خاکسـتر بـه‌ترتیب در تیمار K100:C100 (۱۴/۸۳ درصد) و کشت خـالص کوشـیا (۱۱/۹۶ درصد) به‌دست آمد (جدول ۵). اختلاف ۲۳ درصدی خاکسـتر در ایـن دو تیمار می‌تواند به دلیل جذب بهتر عناصر در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص باشد، به نحوی که اختلاف در ساختار ریشـه، ترشـحات ریشه گیاهان و نیاز غذایی متفاوت گیاهان در مخلوط موجب افـزایش کارایی جذب عناصر خـاک و برتـری الگوهـای مخلـوط نسـبت بـه تک‌کشتی شده است. همچنین تیمارهای جـایگزینی مقـدار خاکسـتر کمتری نسبت به تیمارهای افزایشی داشتند کـه مـی‌توانـد بـه علـت افزایش تراکم ریشه‌های کوشیا در واحد سطح و قدرت رقابـت بـالاتر گیاهان نسبت به تراکم کمتر باشـد. کشـت مخلـوط گیاهـان موجـب بازچرخش بهتر عناصر غذایی در خاک می‌شود. از طرف دیگـر کشـت مخلوط موجب افزایش تنفس میکروبی می‌شود که بـه‌عنوان یکـی از خدمات اکوسیستم موجب بازچرخش عناصر غذایی می‌شـود. بـه نظـر می‌رسد کشت همزمان دو گیاه کوشیا و چشم‌بلبلی موجب بـازچرخش بهتر عناصر غذایی و افزایش جذب عناصر معـدنی توسـط گیـاه شـده است. در همـین راسـتا محققـین گـزارش کردنـد در کشـت مخلـوط بیشترین تـنفس میکروبـی در نسـبت کشـت مخلـوط ۲ردیـف لوبیـا: ۲ردیف ذرت و کمترین در کشت خالص ذرت مشاهده شد که به دلیل افزایش تنوع گیاهان در سیستم‌های چندکشـتی و بـه تبـع آن بهبـود شرایط برای فعالیت رشد و جوامع خاکزی از طریق ترشحات ریشه‌ای گونه‌های مختلف همراه در مخلوط و همچنین افزایش برخـی عناصـر بـه‌ویژه نیتـروژن از طریـق انتخـاب گیـاه همـراه لگـوم در مخلـوط می‌باشـد (Akbari, Dahmardeh, Morshedi, Ganbari, & Khorramdel, 2019). در کشت مخلوط سورگوم و یونجـه حلزونـی بیشترین درصد خاکستر در کشـت خـالص سـورگوم (۱۱/۷۹ درصـد) مشاهده شد. در حالی‌که در الگوهای کشت مخلـوط بیشـترین درصـد

خاکستر در الگوی ۱۰۰ درصد سورگوم و ۵۰ درصد یونجه حلزونی به‌دست آمد (Sharafi, 2022). از سوی دیگر عدم تعادل عناصر معدنی در علوفه ممکن است منجر به کمبود یا سمیت مواد مغذی در دام گردد و در نهایت موجب کاهش تولید شود. از این‌رو محققان گزارش کردند که سیستم‌های کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از طریق افزایش میزان خاکستر باعث بهبود کیفیت علوفه می‌شوند (Dahmardeh, Ghanbari, Syahsar, & Ramroudi, 2010). در کشت مخلوط ارزن و لوبیا تپاری بیشترین درصد خاکستر از تک‌کشتی ارزن و نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری و ارزن گزارش شد (Badakhshan *et al*., 2021).

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی

الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم کیفیت علوفه مطرح است که نشان‌دهنده سهم دیواره سلولی (سلولز و لیگنین) در جیره دام و قابلیت هضم علوفه می‌باشد. این شاخص با قابلیت هضم علوفه همبستگی منفی دارد و در نتیجه میزان انرژی قابل‌دسترس برای نشخوارکنندگان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Tang *et al*., 2018; McDonald *et al*., 2011). در این مطالعه اثر الگوهای کشت بر درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی معنی‌دار بود (P≤ ۰/۰۱) (جدول ۴). این صفت یکی از شاخص‌های کاهنده‌ی کیفیت علوفه محسوب می‌شود. به بیان دیگر هر اندازه الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در گیاهان علوفه‌ای افزایش یابد، به همان اندازه از کیفیت و خوش‌خوراکی این گیاهان برای دام‌ها کاسته می‌شود. نتایج نشان‌دهنده تاثیر مثبت کشت مخلوط بر میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی بود به‌طوری که بیشترین و کمترین مقدار الیاف نامحلول در شوینده اسیدی به‌ترتیب در تک‌کشتی کوشیا (۴۸/۲۶ درصد) و الگوی کشت K100:C50 (۴۱/۳۰ درصد) به‌دست آمد (جدول ۵). بر اساس نتایج در تیمار افزایشی مقدار الیاف نامحلول ۱۴/۵ درصد نسبت به تک‌کشتی کوشیا کاهش یافت. نتایج نشان‌دهنده کاهش مقدار الیاف نامحلول در الگوهای افزایشی نسبت به الگوهای جایگزینی کشت مخلوط بود. در تایید نتایج به‌دست‌آمده هدایتی فیروزآبادی و همکاران گزارش کردند که سیستم کشت مخلوط سورگوم و کوشیا منجر به کاهش ADF و بهبود کیفیت علوفه هر دو گیاه شد (Hedayati-Firoozabadi, Kazemeini, Pirasteh-Anosheh, Ghadiri, & Pessarakli, 2020) بر اساس بررسی محققان در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) با بقولات مختلف میانگین ADF در دو سال آزمایش در الگوهای کشت مخلوط ۱۵/۶ درصد کمتر از تک‌کشتی ذرت بود که به کاهش نسبت ذرت یا افزایش نسبت بقولات به عملکرد کل علوفه در کشت مخلوط نسبت داده شد (Javanmard *et al*., 2020). در کشت مخلوط تریتیکاله با بقولات خصوصیات کیفی علوفه تریتیکاله به دلیل کاهش درصد الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و افزایش درصد پروتئین بهبود یافت (Salehi, Amirnia, Rezaeichiyaneh, & Khalilvandi Behrozyar, 2018). محققان در بررسی اثر تنش‌های محیطی بر میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی گزارش کردند که شوری و خشکی بر میزان ADF کوشیا تاثیر غیرمعنی‌دار و یا کاهشی داشته است، که بیانگر تاثیر مثبت بر کیفیت علوفه کوشیا می‌باشد. از این رو می‌توان کوشیا را به‌عنوان گیاه علوفه‌ای برای بسیاری از مناطق به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک جهت تامین علوفه دام‌های اهلی توصیه نمود (Nabati *et al*., 2012; Moosavifar, Khazaei & Kafi, 2019; Fazeli Kakhki, Goldani & Jolaini, 2020).

قابلیت هضم ماده خشک

قابلیت هضم ماده خشک از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های اصلاح گیاهان علوفه‌ای است، زیرا قابلیت هضم بالا کارایی تبدیل عناصر مغذی را به‌وسیله دام بهبود می‌بخشد. این ویژگی از مهم‌ترین عوامل موثر بر افزایش وزن‌گیری دام‌ها و تولید شیر می‌باشد (Smith, Reed & Foot, 2008; Yolcu, Gunes & Turan, 2009). در مطالعه حاضر اثر الگوهای کشت بر قابلیت هضم ماده خشک کوشیا معنی‌دار بود (P≤ ۰/۰۱) (جدول ۴). سیستم کشت مخلوط سبب افزایش قابلیت هضم ماده خشک درگیاه کوشیا شد. بدین ترتیب که بیشترین قابلیت هضم ماده خشک مربوط به تیمار K100:C50 (۴۱ درصد) و کمترین مربوط به تک‌کشتی کوشیا (۳۱/۳۳ درصد) بود (جدول ۵). باتوجه به مقدارADF در تک‌کشتی کوشیا و تیمار K100:C50 به نظر می‌رسد کاهش و افزایش میزان هضم‌پذیری ناشی از تغییرات این صفت می‌باشد. به نحوی که کمترین مقدار ADF و بیشترین قابلیت هضم ماده خشک مربوط به تیمار K100:C50 که با تیمارهای K100:C100 و K50:C100 از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نداشت. بررسی تأثیر نسبت‌های مختلف کشت نشان داد که الگوهای کشت مخلوط به‌طور معنی‌داری از قابلیت هضم ماده خشک بیشتری نسبت به تک‌کشتی برخوردار بودند که می‌تواند به دلیل افزایش میزان غلظت پروتئین حاصل از افزودن لوبیا چشم‌بلبلی در مخلوط باشد. مشابه این تحقیق در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی بالاترین قابلیت هضم علوفه در الگوی افزایشی ۱۰۰:۱۰۰ ذرت: لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد که با تیمار ۵۰:۱۰۰ ذرت: لوبیا چشم‌بلبلی تفاوتی نداشت (Dahmardeh *et al*., 2010). جوانمرد و همکاران (Javanmard *et al*., 2020). بیان نمودند که قابلیت هضم ماده خشک در الگوهای کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی ذرت بیشتر بود. همچنین بررسی همبستگی بین عملکرد علوفه و صفات کیفی علوفه نشان‌دهنده همبستگی منفی بین ADF و NDF با بهره‌وری و قابلیت هضم ماده خشک علوفه بود. در کشت مخلوط ذرت با سویا،

شنبلیله و لوبیا چشم‌بلبلی قابلیت هضم ماده خشک ذرت بین ۷۳-۴۷ درصد در مراحل مختلف برداشت متغیر بود و بیشترین درصد قابلیت هضم ماده خشک در کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آمد (Nazari *et al.*, 2014). همچنین در بررسی تأثیر کشت مخلوط ذرت و سویا بر میزان ماده خشک و جذب عناصر غذایی علوفه، افزایش میزان قابلیت هضم ماده خشک علوفه با افزایش سویا در سیستم کشت مخلوط با ذرت گزارش شد که از دلایل آن به افزایش میزان غلظت پروتئین حاصل از افزودن سویا در مخلوط اشاره شده است (Baghdadi, Halim, Ghasemzadeh, Ebrahimi, Othman, & Yusof, 2016).

عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی

تعداد نیام در بوته

نتایج نشان داد که اثر الگوی کشت بر تعداد نیام لوبیا چشم‌بلبلی معنی‌دار بود (P≤ ۰/۰۱) (جدول ۶). بالاترین تعداد نیام در مترمربع از تک‌کشتی لوبیا (۲۷۵۲ عدد) به‌دست آمد در حالی‌که کمترین تعداد نیام در مترمربع مربوط به الگوی جایگزینی K75:C25 (۶۰۰ عدد) بود (جدول ۷). نتایج نشان‌دهنده این است که الگوهای جایگزینی مخلوط تعداد نیام بیشتری نسبت به الگوهای افزایشی داشتند. این امر حاکی از این است که با افزایش تراکم کوشیا و در نتیجه افزایش رقابت بین‌گونه‌ای تعداد نیام در بوته لوبیا به‌طور معنی‌داری کاهش یافته است. به‌عبارتی، با افزایش تراکم کوشیا و افزایش سایه‌اندازی، گیاه لوبیا بیشتر انرژی خود را صرف رشد رویشی کرده و در نتیجه انرژی کمتری جهت تشکیل و رشد نیام‌ها باقی مانده است. سایر محققان در بررسی کشت مخلوط چای ترش- سویا (Sabeghynezhad, Dahmardeh, Asgharipour, Khammari, & Sori Nezami, 2019)، کلزا- نخود (Hamzei & Davoudian, 2019) و ذرت- ماش (Nazari *et al.*, 2014) گزارش کردند که کشت خالص سویا، نخود و ماش نسبت به کشت مخلوط تعداد غلاف بیشتری داشت و نتیجه آن را به کاهش رقابت درون‌گونه‌ای نسبت دادند. از سوی دیگر در تراکم‌های بالاتر به دلیل رقابت درون‌بوته‌ای بر سر فتوآسیمیلات‌ها، میزان ریزش گل‌های تشکیل‌شده افزایش یافته و در نتیجه تعداد غلاف در بوته کاهش می‌یابد (Hamzei, 2012).

جدول ٦- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی در الگوهای مختلف کشت

Table 6- Variance analysis (mean square) of cowpea yield and yield components in different cropping patterns

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	تعداد نیام Number of pods	تعداد دانه در نیام Number of seed	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield
تکرار Replication	2	5256.15	169.16	69844.33	430644.62
الگوهای کشت Cropping patterns	6	1594177.58**	46456.30**	2427412.83**	8244397.44**
خطا Error	12	212.55	6.19	57323.28	41417.56
ضریب تغییرات C.V (%)	-	1.1	1.0	10.2	3.6

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد

ns, *, **: Non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively

تعداد دانه در نیام

نتایج نشان داد که اثر الگوی کشت بر تعداد دانه در نیام لوبیا چشم‌بلبلی معنی‌دار بود (P≤ ۰/۰۱) (جدول ۶). بیشترین تعداد دانه در نیام از تک‌کشتی لوبیا (۴۹۶ در مترمربع) به‌دست آمد. با کاهش تراکم لوبیا به ۲۵ درصد در الگوی کشت K75:C25 کمترین تعداد دانه در نیام (۱۳۳/۳۳ در مترمربع) مشاهده شد که می‌تواند به دلیل کاهش قدرت رقابت بین‌گونه‌ای به نفع کوشیا باشد (جدول ۷). به نظر می‌رسد افزایش نسبت کوشیا در الگوهای افزایشی مخلوط موجب افزایش رقابت بین‌گونه‌ای بر سر جذب آب، نور و مواد مغذی قابل‌دسترس و کاهش تعداد دانه در نیام شده است. کمبود منابع سبب افزایش ریزش گل‌ها در حین تلقیح و یا پس از آن خواهد شد (Dusa & Stan, 2013). در کشت مخلوط کلزا- نخود (Hamzei & Davoudian, 2019) و جو- ماشک گل خوشه‌ای (Faramarzi, Hosseini, Mansory, Fangueiro, & Alizadeh, 2023) بیشترین تعداد دانه از کشت خالص نخود و ماشک گل خوشه‌ای به‌دست آمد.

عملکرد بیولوژیک و دانه

نتایج نشان داد که عملکرد بیولوژیک و دانه لوبیا چشم‌بلبلی تحت تاثیر الگوهای کاشت معنی‌دار بود (P≤ ۰/۰۱) (جدول ۶). بیشترین عملکرد بیولوژیک (۷۱۲۸ کیلوگرم در هکتار) و دانه (۳۵۹۰/۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تک‌کشتی لوبیا بود. عملکرد لوبیا در الگوهای کاشت مخلوط کاهش یافت به‌طوری‌که کمترین عملکرد

بیولوژیک (۲۹۳۹/۷ کیلوگرم در هکتار) و اقتصادی (۱۴۰۱ کیلوگرم در هکتار) در الگوی K100:C50 مشاهده شد. به نظر می‌رسد برتری عملکرد در تک‌کشتی لوبیا به دلیل تراکم کاشت مناسب باشد. از سوی دیگر کاهش عملکرد در الگوی افزایشی مخلوط به دلیل افزایش تراکم، ارتفاع بیشتر و افزایش قدرت رقابت به نفع کوشیا می‌باشد. در همین راستا جوانمرد و همکاران (Javanmard *et al.*, 2020) در کشت مخلوط ارقام ذرت با بقولات گزارش کردند که عملکرد بقولات در کشت مخلوط با ذرت هیبرید ۷۰۴ کمتر از ذرت هیبرید ۳۰۱ بود که به ارتفاع کمتر و کاهش سایه‌اندازی ذرت هیبرید ۳۰۱ نسبت داده شد. همچنین محققان بیان کردند که عملکرد بقولات در کشت مخلوط به دلیل ارتفاع بیشتر و سایه‌اندازی غلات منجر به ایجاد رقابت برای نور و کاهش فتوسنتز گیاهان می‌شود (Ross, King, O'Donovan, & Spaner, 2005; Xie & Kristensen, 2017). اگرچه بیشترین عملکرد در تک‌کشتی مشاهده شد اما نتایج بیانگر افزایش عملکرد در الگوهای کشت مخلوط با افزایش نسبت کشت لوبیا در الگوها بود.

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی در الگوهای مختلف کشت

Table 7- Mean Comparison of yield and yield components of cowpea in different cropping patterns

الگوهای کشت Cropping patterns	تعداد نیام در مترمربع Number of pod per m^{-2}	تعداد دانه در نیام در مترمربع Number of seed per m^{-2}	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک Biological yield ($kg.ha^{-1}$)
C100	2752.00[a]	496.00[a]	3590.3[a]	7128[a]
K50:C50	1500.53[c]	266.52[c]	2473.3[bc]	4658.3[c]
K25:C75	1652.45[b]	293.17[b]	2898.7[b]	6706.7[b]
K75:C25	600.00[g]	133.33[g]	935[e]	2993.3[e]
K100:C100	1200.00[e]	181.33[e]	2732[bc]	6689.7[b]
K50:C100	1255.11[d]	195.55[d]	2395[c]	6810.7[ab]
K100:C50	630.67[f]	154.66[f]	1401[d]	2939.7[d]

میانگین‌هایی در هر ستون که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

The means, in each column, similar letters show that there is no significant difference according to Duncan's test at the level of 5% probability

نسبت برابری زمین

رایج‌ترین روش ارزیابی سودمندی عملکرد در کشت مخلوط شاخص نسبت برابری زمین است. نتایج نشان داد که نسبت برابری زمین در الگوهای جایگزینی کشت مخلوط بزرگ‌تر از یک بود و بر این اساس الگوی K50:C50 بالاترین نسبت برابری زمین (۱/۸۰) را به خود اختصاص داده است (جدول ۸). در این الگوی کشت عملکرد کوشیا ۱۲ درصد بیشتر و عملکرد لوبیا چشم‌بلبلی ۳۱ درصد کمتر از حالت تک‌کشتی بوده است که در مجموع، کوشیا اثر بیشتری از همراهی با لوبیا چشم‌بلبلی در کشت مخلوط پذیرفته است. به عبارت دیگر کشت این گیاهان موجب افزایش عملکرد کوشیا در این تیمار نسبت به تک‌کشتی آن شده است که می‌تواند به دلیل استفاده بهتر از عوامل محیطی باشد. بر اساس نتایج، عملکرد نسبی کوشیا در الگوهای K75:C25 و K50:C50 بیشتر از لوبیا چشم‌بلبلی بود و این بیانگر این موضوع می‌باشد که کوشیا در این الگوها نسبت به تک‌کشتی عملکرد بیشتری تولید کرده است و اثر کاهشی کشت مخلوط لوبیا چشم‌بلبلی بیشتر از کوشیا بود. عوامل متعددی از جمله تراکم، قدرت رقابتی هریک از گیاهان زراعی در کشت مخلوط، مرفولوژی، دوام رشد گیاه زراعی و عوامل مدیریتی بر مقدار نسبت برابری زمین تاثیرگذار هستند (Tsubo, Mukhala, Ogindo, & Walker, 2003). این نتیجه همسو با نتیجه حاصل از کشت مخلوط سویا و ارزن بود به نحوی که نسبت کاشت ۷۵:۲۵ و ۵۰:۵۰ به‌ترتیب با میانگین ۱/۲۳ و ۱/۰۲ دارای نسبت برابری زمین بالاتر از یک بودند. این محققین افزایش بهره‌وری در تولید محصول در کشت مخلوط را به کاهش تسلط رقابتی گیاه سویا، ایجاد رابطه مکملی و افزایش عملکرد دانه ارزن نسبت دادند (Namdari, Abbasi, Pirdashti, & Zaefarian, 2023). همچنین بررسی ترکیب‌های کشت مخلوط تاخیری چغندرقند، نخود و ماش نشان داد که بالاترین نسبت برابری زمین از نسبت ۷۵ درصد لگوم (نخود و ماش) و ۲۵ درصد چغندرقند (۱/۵۳) به‌دست آمد (Koocheki, Nassiri Mahallati, Hatefi Farajian, & Hooshmand, 2023).

جدول ۸- نسبت برابری زمین جزئی و کل در الگوهای جایگزینی کشت مخلوط کوشیا و لوبیا چشم‌بلبلی

Table 8- Partial and total land equivalent ratio in the replacement patterns of kochia and cowpea intercropping

الگوهای جایگزینی Replacement patterns	نسبت برابری زمین جزیی کوشیا Partial land equivalent ratio of Kochia	نسبت برابری زمین جزیی لوبیا چشم‌بلبلی Partial land equivalent ratio of cowpea	نسبت برابری زمین کل Total Land Equivalent ratio
K50:C50	1.12	0.68	1.80
K25:C75	0.84	0.80	1.64
K75:C25	1.33	0.26	1.59

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که گیاه کوشیا در کشت مخلوط از کیفیت علوفه بالاتری نسبت به کشت خالص برخوردار است. علوفه با کیفیت بالا مقدار پروتئین خام، درصد خاکستر و قابلیت هضم ماده خشک بیشتر و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کمتری دارد، که بر اساس نتایج الگوهای K100:C100 یا K100:C50 کیفیت علوفه بالاتری داشتند. در این مطالعه نسبت برابری زمین در تمام الگوهای جایگزینی کشت مخلوط بیشتر از یک بود که نشان‌دهنده افزایش کارایی استفاده از زمین در مقایسه با تک‌کشتی هریک از گونه‌های کوشیا و لوبیا چشم‌بلبلی می‌باشد. با توجه به اقلیم خشک منطقه و قابلیت رشد گیاه کوشیا در شرایط نامساعد، کشت مخلوط می‌تواند به‌عنوان استراتژی مناسب در جهت استفاده بهینه از منابع و تغذیه دام‌ها در منطقه زابل مورد استفاده قرار گیرد.

References

1. Abusuwar, A. O., & Al-Solimani, S. J. (2013). Effect of chemical fertilizers on yield and nutritive value of intercropped sorghum bicolor and lablab purpureus forages grown under saline conditions. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, *23*(1), 271-276. https://doi.org/10.5897/AJMR12.007
2. Akbari, F., Dahmardeh, M., Morshedi, A., Ganbari, A., & Khorramdel, S. (2019). Evaluation of some agroecosystem services in intercropping of corn and bean affected by wheat residues and tillage management systems. Ph.D dissertation of Agroecology, Zabol University, Zabol, Iran. 264 Pp. (in Persian).
3. Aynehband, A., Hosaini, S., & Farzaneh, M. (2020). Effect of different forage crops and cultivation method on quantity and quality of forage in intercropping. *Journal of Crops Improvement*, *22*(2), 295-305. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jci.2020.284842.2240
4. Badakhshan, S., Amiri-Nejad, M., Tohidi-Nejad, E. A., & Parsamotlagh, B. (2021). Evaluation of yield and quality forage in Intercropping Tepary Bean (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) and Millet Cultivars. *Journal of Agroecology*, *13*(2), 291-305. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JAG.V13I2.83847
5. Baghdadi, A., Halim, R. A., Ghasemzadeh, A., Ebrahimi, M., Othman, R., & Yusof, M. M. (2016). Effect of intercropping of corn and soybean on dry matter yield and nutritive value of forage corn. *Legume Research-An International Journal*, *39*(6), 976-981. https://doi.org/10.18805/lr.v39i6.6643
6. Banik, P., Midya, A., Sarkar, B. K., & Ghose, S. S. (2006). Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. *European Journal of Agronomy*, *24*(4), 325-332. https://doi.org/10.1016/j.eja.2005.10.010
7. Belel, M. D., Halim, R. A., Rafii, M. Y., & Saud, H. M. (2014). Intercropping of corn with some selected legumes for improved forage production: A review. *Journal of Agricultural Science*, *6*(3), 48. https://doi.org/10.5539/jas.v6n3p48
8. BenYoussef, S., Kachout, S. S., Abidi, S., Saddem, B., Ismail, J., & Salem, B. H. (2019). Effect of different levels of nitrogen fertilization on forage yields and quality of hairy vetch (*Vicia villosa*, Roth) triticale (*X Tritcosecale, Wittmack*) mixtures. *The Open Agriculture Journal*, *13*(1). https://doi.org/10.2174/1874331501913010090
9. Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Syahsar, B. A., & Ramroudi, M. (2010). The effect of planting time and the quality of forage maize in intercropping with cowpea. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *41*(3): 633-642. (in Persian).
10. Dusa, E. M., & Stan, V. (2013). The effect of intercropping on crop productivity and yield quality of oat (*Avena sativa* L.)/grain leguminous species (pea–*Pissum sativum* L., *lentil–Lens culinaris* L.) cultivated in pure stand and mixtures, in the organic agriculture system. *European Scientific Journal*, *9*(21), 69-78.
11. Egbe, O. M. (2010). Effects of plant density of intercropped soybean with tall sorghum on competitive ability of soybean and economic yield at Otobi, Benue State, Nigeria. *Journal of Cereals and Oilseeds*, *1*(1), 1-10. https://doi.org/10.5897/JCO.9000005
12. Farajain, M. M., Kafi, M., & Nezami, A. (2013). Intercropping of kochia (*Kochia scoparia* L.) with blue panic grass (*Panicum antidotale* Retz.) under irrigation with saline water. *Agroecology*, *5*, 153-160. (in Persian).
13. Fazeli Kakhki, S. F., Goldani, M., & Jolaini, M. (2020). Investigation of changes in some morphophysiological traits, yield and quality indices of two Kochia ecotype (*Kochia scoparia*) in drought stress under field conditions. *Iranian Journal of Irrigation & Drainage*, *13*(6), 1783-1793. (in Persian with English abstract).
14. Friesen, L. F., Beckie, H. J., Warwick, S. I., & Van Acker, R. C. (2009). The biology of Canadian weeds. 138. *Kochia scoparia* (L.) Schrad. *Canadian Journal of Plant Science*, *89*(1), 141-167. https://doi.org/10.4141/CJPS08057
15. Faramarzi, F., Hosseini, S. M. B., Mansory, H., Fangueiro, D., & Alizadeh, H. (2023). Effect of the Ammonium Nitrate Levels on Intercropped Barley (*Hordeum Vulgare* L.) and Vetch (*Vicia Villosa*) under Weed Competition Management. *Iranian Journal of Field Crops Research, 20*(4), 481-500. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jcesc.2022.75859.1154
16. Ghafarian, M. R., Yadavi, A. R., Dabbagh Mohammadi Nasab, A., Salehi, M., & Movahedi Dehnavi, M. (2021).

Advantage of Forage Production in Kochia (*Kochia scoparia*), Sesbania (*Sesbania aculeata*) and Guar (*Cyamopsis tetragonoliba*) intercropping under irrigation water salinity. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *31*(1), 71-86.

17. Guerrero-Rodriguez, J. D. D. (2006). Growth and nutritive value of lucerne (*Medicago sativa* L.) and Melilotus (*Melilotus albus* Medik.) under saline conditions. Thesis (Ph.D.). School of Agriculture, Food and Wine.
18. Gul, B., Ansari, R., Aziz, I. R. F. A. N., & Khan, M. A. (2010). Salt tolerance of Kochia scoparia: A new fodder crop for highly saline arid regions. *Pakistan Journal of Botany*, *42*(4), 2479-2487.
19. Hamzei, J. (2012). Evaluation of Yield, SPAD Index, Landuse Efficiency and System Productivity Index of Barley (*Hordeum vulgare*) Intercropped with Bitter Vetch (*Vicia ervilia*). *Journal of Crop Production and Processing*, *2*(4), 79-92. (in Persian with English abstract).
20. Hamzei, J., & Davoudian, R. (2019). Evaluarion of Agrophysiological Indices and Yield Performance in anola/Chickpea Intercropping. *Journal of Agroecology*, *11*(1), 245-259. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v11i1.65192
21. Hedayati Firoozabadi, A., Kazemeini, S. A., & Pirasteh Anooshe, H. (2017). Evaluation of different planting ratio of sorghum-kochia intercropping in varied salinity conditions. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, *24*(3): 685-698. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22092/ijrdr.2017.114014
22. Hedayati-Firoozabadi, A., Kazemeini, S. A., Pirasteh-Anosheh, H., Ghadiri, H., & Pessarakli, M. (2020). Forage yield and quality as affected by salt stress in different ratios of Sorghum bicolor-Bassia indica intercropping. *Journal of Plant Nutrition*, *43*(17), 2579-2589. https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1783301
23. Iptas, S., & Yavuz, M. (2008). Effect of pollination levels on yield and quality of maize grown for silage. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *32*(1), 41-48.
24. Jami Al-Ahmadi, M. (2005). Study some properties of ecophysiologicy kochia scoparia. Ph.D. Thesis. Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. (in Persian).
25. Jami Al Ahmadi, M., & Kafi, M. (2008). Kochia (*Kochia scoparia*): To be or not to be. Crop and Forage Production Using Saline Waters. M. Kafi and MA Khan, eds. NAM S & T Centre. Daya Publisher, New Delhi.
26. Jamshidi, K., Mazaheri, D., Hosseini, N. M., Mashhadi, H. R., & Peyghambari, S. A. (2011). Investigation of corn/cowpea intercropping effect on suppresing the weeds. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *42*(2), 233-241. (in Persian with English abstract).
27. Javanmard, A., Machiani, M. A., Lithourgidis, A., Morshedloo, M. R., & Ostadi, A. (2020). Intercropping of maize with legumes: A cleaner strategy for improving the quantity and quality of forage. *Cleaner Engineering and Technology*, *1*, 100003. https://doi.org/10.1016/j.clet.2020.100003
28. Kafi, M., Asadi, H., & Ganjeali, A. (2010). Possible utilization of high-salinity waters and application of low amounts of water for production of the halophyte Kochia scoparia as alternative fodder in saline agroecosystems. *Agricultural Water Management*, *97*(1), 139-147. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.08.022
29. Kafi, M., Nabati, J., Khaninejad, S., Masomi, A., & Zare, M. M. (2011). Evaluation of characteristics forage in different Kochia (*Kochia scoparia*) ecotypes in tow salinity levels irrigation. *Electronic Journal of Crop Production*, *4*, 229-238. (in Persian with English abstract).
30. Kheradmand, S., Mahmodib, S., & Ahmadi, E. (2014). Quantitative and qualitative performance evaluation of green pea and barley forage intercropping. *Applied Field Crops Research*, *27*(105), 111-118. (in Persian with English abstract).
31. Klimek-Kopyra, A., Skowera, B., Zając, T., & Kulig, B. (2017). Mixed cropping of linseed and legumes as an ecological way to effectively increase oil quality. *Romanian Agricultural Research*, *34*, 217-224.
32. Koochaki, A., Nasiri Mahalati, M., Khorram Del, S., Anwarkhah, S., Timuri, M., & Sanjani, S. (2010). Evaluation of growth indices of hemp (*Cannabis sativa* L.) and sesame (*Sesamum indicum* L.) in intercropping with replacement and additive series. *Journal of Agroecology*, *2*(1), 27-36. (in Persian).
33. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Hatefi Farajian, M. H., & Hooshmand, M. (2023). Effect of relay triple intercropping arrangements of sugar beet (*Beta vulgaris*), chickpea (*Cicer arietinum* L.), and mung bean (*Vigna radiate* L.) on yield and yield components. *Journal of Agroecology*, *15*(1), 153-168. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/agry.2022.20158.0
34. Kurdali, F. (2010). Growth and N_2 fixation in mixed cropping of Medicago arborea and Atriplex halimus grown on a salt-affected soil using a 15N tracer technique. *Journal of Plant Interactions*, *5*(1), 37-44. https://doi.org/10.1080/17429140903151265
35. Lewis, D. C., & McFarlane, J. D. (1986). Effect of foliar applied manganese on the growth of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and the diagnosis of manganese deficiency by plant tissue and seed analysis. *Australian Journal of Agricultural Research*, *37*(6), 567-572. https://doi.org/10.1071/AR9860567
36. Lithourgidis, A. S., Vasilakoglou, I. B., Dhima, K. V., Dordas, C. A., & Yiakoulaki, M. D. (2006). Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research*, *99*(2-3), 106-113. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.03.008
37. Masoumi, A., Kafi, M., Nabati, J., & Zare Mehrjerdi, M. (2016). The possibility of forage production in two

Kochia (*Kochia scoparia* L.) ecotypes by application of low amounts of water in saline conditions. *Crop Production Journal*, *10*(1): 1-19. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22069/EJCP.2017.10053.1791

38. McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., & Wilkinson, R. G. (2011). Animal nutrition, 7th (ed.), Longman Group UK, Harlow, UK, 693 pp.
39. Moosavifar, B. E., Khazaie, H., & Kafi, M. (2019). The determine of nutrition value of Kochia (*Kochia Scoparia* L.) forage under salinity and deficit irrigation conditions. *Journal of Agroecology*, *11*(2), 619-634. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v11i2.75545
40. Mortada, S., Abou Najm, M., Yassine, A., El Fadel, M., & Alamiddine, I. (2018). Towards sustainable water-food nexus: an optimization approach. *Journal of Cleaner Production*, *178*, 408-418. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.020
41. Nabati, J., Kafi, M., Nezami, A., Rezvani Moghadam, P., Masoumi, A., & Zaremehrjerdi, M. (2012). Effect of salinity stress on yield, component yeild of forage and morphological characteristics of Kochia (*Kochia scoparia* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, *42*(4): 735-743. (in Persian).
42. Namdari, M., Abbasi, R., Pirdashti, H., & Zaefarian, F. (2023). Effect of competition on morphological, physiological, and productivity characteristics in soybean (Glycine max (L) Merrill) and millet (*Panicum miliaceum* L.) intercropping. *Journal of Agroecology*, *15*(2), 337-357. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/agry.2021.71312.1056
43. Nazari, S., Zaefrian, F., Farahmandfar, E., Zand, E., & Azimi Sooran, S. (2014). Effect of harvest time on forage yield and quality maize under intercropping with legume plants. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *12*(2), 237-245. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/GSC.V12I2.39155
44. Oddy, V. H., Robards, G. E., & Low, S. G. (1983). Prediction of in vivo dry matter digestibility from the fibre and nitrogen content of a feed. In Feed information and animal production: proceedings of the second symposium of the International Network of Feed Information Centres/edited by GE Robards and RG Packham. Farnham Royal, Slough [Buckingham]: Commonwealth Agricultural Bureaux, c1983.
45. Riasi, A., Mesgaran, M. D., Stern, M. D., & Moreno, M. R. (2008). Chemical composition, in situ ruminal degradability and post-ruminal disappearance of dry matter and crude protein from the halophytic plants Kochia scoparia, Atriplex dimorphostegia, Suaeda arcuata and Gamanthus gamacarpus. *Animal Feed Science and Technology*, *141*(3-4), 209-219. https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2007.06.014
46. Ross, S. M., King, J. R., O'Donovan, J. T., & Spaner, D. (2005). The productivity of oats and berseem clover intercrops. I. Primary growth characteristics and forage quality at four densities of oats. *Grass and forage Science*, *60*(1), 74-86. https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.2005.00455.x
47. Sabeghynezhad, F., Dahmardeh, M., Asgharipour, M. R., Khammari, I., & Sori Nezami, Z. (2019). Evaluation of tillage systems on agronomic aspect of soybean (*Glycine max* L.) and roselle (*Hibiscus subdariffa* L.) Relay Intercropping. *Journal of Agroecology*, *11*(3), 1085-1104. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jag.v11i3.68442
48. Salehi, Z., Amirnia, R., Rezaeichiyaneh, E., & Khalilvandi Behrozyar, H. (2018). Evaluation of yield and some qualitative traits of forage in intercropping of triticale with annual legumes. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *28*(4), 59-76. (in Persian).
49. Sharafi, S. (2022). Evaluation of quantitative and qualitative yield of forage from additive series of snail medic in intercropping with sorghum under low irrigation condition. *Journal of Crops Improvement*, *24*(1), 15-29. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22059/jci.2021.312749.2470
50. Sherrod, L. B. (1971). Nutritive Value of Kochia scoparia I. Yield and Chemical Composition at Three Stages of Maturity 1. *Agronomy Journal*, *63*(2), 343-344. https://doi.org/10.2134/agronj1971.00021962006300020049x
51. Sherrod, L. B. (1973). Nutritive value of Kochia scoparia. III. Digestibility of kochia hay compared with alfalfa hay. *Journal of Dairy Science*, *56*(7), 923-926. https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(73)85278-6
52. Smith, K. F., Reed, K. F. M., & Foot, J. Z. (2008). An assessment of the relative importance of specific traits for the genetic improvement of nutritive value in dairy pasture. *Grass and Forage Science*, *52*(2), 167-175. https://doi.org/10.1111/j.1365-2494.1997.tb02347.x
53. Soleymani, M. R., Kafi, M., Ziaei, M., & Shabahang, J. (2008). Effect of limited irrigation with saline water on forage of two local populations of *Kochia scoparia* L. Schrad. *Journal of Soil and Water* (Agricultural Science and Technology), *22*(2): 307-317. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/JSW.V0I22.1028
54. Stoltz, E., & Nadeau, E. (2014). Effects of intercropping on yield, weed incidence, forage quality and soil residual N in organically grown forage maize (*Zea mays* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research*, *169*, 21-29. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.09.004
55. Tang, C., Yang, X., Chen, X., Ameen, A., & Xie, G. (2018). Sorghum biomass and quality and soil nitrogen balance response to nitrogen rate on semiarid marginal land. *Field Crops Research*, *215*, 12-22. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.09.031
56. Tawfik, M. M., Thalooth, A. T., Nabila, M. Z., Hassanein, M. S., Amany, A. B., & Amal, G. A. (2013).

Sustainable production of Kochia indica grown in saline habitat. *Environment Treat Technology*, *1*(1), 56-61.
57. Tsubo, M., Mukhala, E., Ogindo, H. O., & Walker, S. (2003). Productivity of maize-bean intercropping in a semi-arid region of South Africa. *Water Salinity*, *29*(4), 381-388. https://doi.org/10.4314/wsa.v29i4.5038
58. Tosti, G., Benincasa, P., Farneselli, M., Tei, F., & Guiducci, M. (2014). Barley–hairy vetch mixture as cover crop for green manuring and the mitigation of N leaching risk. *European Journal of Agronomy*, *54*, 34-39. https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.11.012
59. Tribouillois, H., Cruz, P., Cohan, J. P., & Justes, É. (2015). Modelling agroecosystem nitrogen functions provided by cover crop species in bispecific mixtures using functional traits and environmental factors. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *207*, 218-228. https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.04.016
60. Valizdeh, R., Mahmoudi-Abyane, M., & Ganjavi, R. (2016). Chemical composition, in vitro digestibility and fermentative gas production of Kochia scoparia irrigated by water containing different level of salinity. *Iranian Journal of Animal Science Research*, *8*(2), 238-247. (in Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/IJASR.V8I2.27715
61. Van Soest, P. J. (1994). Nutritional ecology of the ruminant. Cornell Univ. Press, Ithaca, NY. 476 Pp.
62. Waldron, B. L., ZoBell, D. R., Olson, K. C., Jensen, K. B., & Snyder, D. L. (2006). Stockpiled forage kochia to maintain beef cows during winter. *Rangeland Ecology & Management*, *59*(3), 275-284. https://doi.org/10.2111/05-121R1.1.
63. Xie, Y., & Kristensen, H. L. (2017). Intercropping leek (*Allium porrum* L.) with dyer's woad (*Isatis tinctoria* L.) increases rooted zone and agro-ecosystem retention of nitrogen. *European Journal of Agronomy*, *82*, 21-32. https://doi.org/10.1016/j.eja.2016.09.017
64. Yilmaz, Ş., Özel, A., Atak, M., & Erayman, M. (2015). Effects of seeding rates on competition indices of barley and vetch intercropping systems in the Eastern Mediterranean. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, *39*(1), 135-143. https://doi.org/10.3906/tar-1406-155
65. Yolcu, H., Gunes, A., & Turan, M. (2009). Evaluation of annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding II. Mineral Composition. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, *7*, 1343-1348.